

环境保护 与消防安全中的 电力电子技术

冯玉生 李 宏 编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



环境保护与消防安全中的 电力电子技术

冯玉生 李 宏 编著



机械工业出版社

本书详细介绍了环境保护与消防安全中的电力电子技术方面的基本知识,内容包括:环境保护与电力电子技术的关系,高压静电除尘类电力电子设备,高压脱硫类电力电子设备,空气净化类电力电子设备,污水处理技术和所用的电力电子设备,消防安全与电力电子技术。书中不但介绍了这些电力电子设备的原理构成,而且给出了其应用实例及部分生产厂家。本书取材新颖,内容以通俗性和实用性为主,重点突出,通俗易懂,实用性较强,可供从事安全环保类电力使用单位从事设备运行管理、维护的人员、操作及装配人员以及高等院校、中等专业学校相近专业的师生和各种职业培训学校相近专业的教师及学员作为参考,也可作为环保部门工作人员的科普读物。

图书在版编目(CIP)数据

环境保护与消防安全中的电力电子技术/冯玉生 李宏编著.
—北京:机械工业出版社,2005.12
ISBN 7-111-17597-2

I. 环… II. ①冯… ②李… III. ①环境保护—电子技术②
消防—安全管理—电子技术 IV. ①X②D035.36

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第120259号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)
责任编辑:贡克勤 版式设计:霍永明 责任校对:唐海燕
封面设计:姚毅 责任印制:洪汉军
北京原创阳光印业有限公司印刷
2006年1月第1版·第1次印刷
850mm×1168mm 1/32·5.75印张·142千字
定价:12.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
本社购书热线电话(010)68326294
封面防伪标均为盗版

前言

自从盘古开天地至今，人类的诞生已有近 6000 年的历史，在这近 6000 年的历程中，人们为使自己的生活更加美好和舒适而永远无止息地探索，进行着艰苦卓绝地奋斗。从古代神话中的夸父追日，到如今的宇宙科学考察，地球人正经历着物质文明和精神文明日新月异的变化。我们已从老祖先的钻木取火、兽皮树枝为衣的原始社会进入到了如今的经济信息社会，地球人已在几十年前成功登上月球，火星等遥远太空的外星已成为今日科学探测的重要区域，宇宙飞船、太空旅游已成为街谈巷议的大众话题……。

然而事物的发展都是一分为二的，我们应当清楚地看到，人类在不断创造着物质文明的同时，过去的岁月由于缺乏统筹兼顾和技术发展的整体观念，伴随着物质文明高度发展的副产品，便是人类也在不断地破坏着赖以生存的环境，更在不断地积累着由此而带来的后果，并承受着由此而带来的灾难和折磨。举例来说，工业化排出的热量使人类不由自主地承受着气候变暖、北极与南极的冰山不断自然溶化、海平面逐年升高、使各国沿海城市正愈来愈严重地受着被海水淹没的巨大威胁，已使与人类共同生存在同一个地球上的太平洋岛国——图瓦努不得不举国寻找迁移地点；对森林的过度开发和对水资源的极度使用，使人类已背上了缺水、耕地逐年减少、土地沙漠化的速度逐年加快的沉重包袱；沙尘暴、空气污染、洪涝灾害、泥石流、森林大火、瓦斯爆炸、天然气爆炸、水土流失、干旱、工业污水排放、臭氧层的变薄、癌症病人的逐年增加、禽流感、非典、

口蹄疫、疯牛病的肆虐、……，已使人类正愈来愈剧烈地承受着由于生存环境的恶化而引起的痛苦和灾难。据不完全统计，我国每年由此而造成的经济损失高达数百亿元，对人类的生存和发展构成了严重的威胁。

环境危机令人反思，促使人惊醒，人类已清楚地认识到，没有良好的环境支撑，经济的快速发展是不能持久的，人们要安居乐业也是不可能的，因而在联合国的框架下，可持续发展与环境保护已成为国际通用准则，伴随着环境保护方面的一系列国际公约的签署，各国政府都把环境保护作为立国之本来抓，并已取得了极为显著的效果，且已获得了巨大的经济效益。改革开放以来，我国经济持续高速发展，呈现出了前所未有的繁荣景象，但由于前几年过多的关注经济发展的高速度，而忽略了环境保护与经济增长的协调发展，使我国环境恶化趋势在不断增加，城市环境质量下降、江河水质变坏、水土流失加剧、资源浪费严重，给我国经济的发展造成了很多不利的影响。幸运的是，国家已开始着手解决这些问题，全国人民已行动起来，努力搞好环境保护与资源保护，力争在短时间内使我国的环境问题得到更大的改善。

电力电子技术是电工技术的重要分支，是当代世界各发达国家竞争的一个高技术领域，由于采用电力电子技术可以实现广泛的节能，保护资源、减少资源的浪费，实现生存环境及电网的绿色化，所以在人类日益面临能源危机、环境危机和人口危机的时代，电力电子技术必将变得越来越重要，越来越受到人类和各国政府的重视，越来越与人们的日常生活密不可分。电力电子技术的组成可分为三大部分，即电力半导体器件、电力电子变换技术（Power Conversion）和控制技术。这三者中电力半导体器件是基础，控制技术是手段，而实现电力电子变换（又称功率变换）是目的。这种变换包括了对电能三大要素（频

率、电压、电流)进行量值与类型的变换以及对交流电相数的变换。若用一个人的身体来表示电力电子技术的话,可以把电力半导体看作人的健康躯体,而控制技术是人的大脑和四肢,电力电子变换便是具有健康身体的人在大脑指挥下完成各种工作取得的良好效果了。

虽然电力电子技术的专业术语对于许多非电子专业的人士来说有点陌生,但电力电子变换在人类的生活中可以说无处不在,无时不用。1955年人类第一只电力整流二极管由美国通用电气公司(General Electric Company)发明,标志着电力电子技术的诞生。1970年地球上有了电力电子技术的Newell定义至今,经过几十年的发展,我们已经拥有40多种电力半导体器件可以选用。各种电力电子变换技术的应用已经深入到工业、农业、交通运输、国防和社会生活的各个方面,其典型的应用领域包括电化学、直流牵引、直传动、交流传动、电机励磁、电火花加工、电镀、电冶、电磁合闸、充电、中频及高频感应加热、交流及直流不间断电源、开关电源、稳压电源、电子开关、高压静电除尘、直流输电、无功补偿、风力发电、环境保护、家用电器、储能电站、航空器控制、感应电能传输、空间探测、遥测遥感、交通运输、火灾预防、医疗卫生、防盗报警、污水处理等诸多方面。

电力电子技术正愈来愈多地用于环境保护与消防安全领域,主要表现在以下几个方面:利用电力电子技术,可以提高用电效率和功率因数,实现最佳用电;应用电力电子技术,可以解决潮汐发电、风力发电、太阳能发电、储能电站、空间电站中的关键技术,从而减少对燃气和煤炭及汽油的消耗,减少资源消耗,极大地保护资源;应用电力电子技术可以实现机车、汽车的电动化,极大地减少尾气的排放,改善空气质量;应用电力电子技术生产的高压静电除尘设备、污水处理设备、高压脱

硫设备、空气净化设备的批量应用，将极大地改善我国城乡环境质量；应用电力电子技术和手段，可以进行火灾预防、易燃气体的预警和检测，对防止火灾及爆炸的发生都具有极为重要的作用和意义。正由于此，电力电子技术已当之无愧地成为安全工程与环境保护的重要支撑技术。

据不完全统计，国内从事消防安全和环境保护用电力电子技术设备研究和生产的企、事业单位有几百家，环境保护与消防安全类电力电子设备在国内已有很多用户。但由于我国消防安全和环境保护用电力电子设备的研制开发与生产及全民的掌握程度相对发达国家还很薄弱，消防安全和环境保护用电力电子设备的实际使用量与应当使用量几乎不成比例。许多已应用这类设备的单位，操作与维修调试人员很少受过这一方面的严格培训，更不用说系统掌握这一方面的知识了，加之国内有关这方面的资料又甚少，甚至可以说是极度缺乏，有关该领域的系统参考书几乎是一个空白，为了部分解决这些问题，更为了给国内诸多从事安全环保类电力电子设备的设计、调试和维护人员提供一实用的有价值的参考资料，根据自己多年收集的资料，并结合有关技术人员从事环境保护和消防安全类电力电子设备设计、调试和维修的经验教训和总结，在较短的时间内编写了这本通俗读物，以期给从事这一领域的下列人员有点实用和参考价值，并能为他们的工作带来一点方便，达到抛砖引玉的效果。

1) 环境保护与消防安全类电力电子设备设计、制造企业的设计人员及现场调试人员。

2) 环境保护与消防安全类电力电子设备使用单位从事设备运行管理、维护的人员。

3) 上述两种单位的操作及装配人员。

4) 高等院校以及中等专业学校相近专业的师生。

5) 各种职业培训学校相近专业的教师及学员。

在本书编写过程中,北京机械工业学院的栗书贤教授、山东大学的张庆范教授及郑州大学王俊昆教授对本书书稿,提出了许多修改意见,冯翔宇同志参与了第6章的编写以及书中大量的文稿整理和绘图工作,在此一并感谢!

本书由西安石油大学李宏教授选题并编写了提纲,中原工学院自动化系的冯玉生副教授编写了全书的书稿,西安石油大学李宏教授对全书初稿进行了修改,对书稿进行了统稿和终审,肖俊明、王耕、裴素萍等同志参与了本书的有关工作。由于国内这一领域的资料十分有限,加之编写时间甚为仓促,书中定有不少错误与纰漏之处,恳请本书的读者及国内消防安全与环境保护类电力电子设备行业的专家们斧正,并提出宝贵的意见,望阅读本书的专家学者及同仁们不吝赐教。

作 者

2005年9月

目 录

前言

第 1 章 环境保护与电力电子技术的关系	1
1.1 可持续发展与环境保护已成为国际通用准则	1
1.2 发展与环境保护可以相互协调	3
1.3 环保产业的发展	5
1.4 我国生态环境的现状 & 对策	11
1.5 安全保护是一项系统工程	16
1.6 电力电子技术是环境保护的一个重要支撑技术 ...	18
 第 2 章 高压静电除尘类电力电子设备	 31
2.1 概述	31
2.2 电除尘的工作原理	31
2.3 电除尘器的分类	34
2.4 工频升压整流型高压除尘电源	36
2.5 高频逆变类高压除尘电源	45
 第 3 章 高压脱硫类电力电子设备	 70
3.1 概述	70
3.2 脱硫技术	73
3.3 酸雨防治与高压脱硫	77
3.4 高压脱硫类电力电子设备	83
 第 4 章 空气净化类电力电子设备	 91

4.1	概述	91
4.2	臭氧杀菌消毒原理及其应用	92
4.3	空气净化类设备应用举例	95
4.4	消毒柜	102
4.5	空气负离子发生器	106
4.6	加湿器	107
第 5 章	污水处理	114
5.1	概述	114
5.2	污水处理技术	118
5.3	污水处理中常用的电气方法	119
5.4	电力电子技术在污水处理中应用的实例	123
第 6 章	消防安全与电力电子技术	136
6.1	概述	136
6.2	安全隐患信号的常用检测方法	137
6.3	煤气漏气报警与防火	143
6.4	火灾的预报及处理	144
6.5	从供电方式上彻底解决火灾及爆炸 隐患的 IPT 技术	156
6.6	应用举例	159
参考文献		171

第1章 环境保护与电力 电子技术的关系

1.1 可持续发展与环境保护已成为国际通用准则

20 世纪,人类社会经历了各种挑战,取得了巨大的物质成就,建立了广泛的物质文明,然而在这些文明与物质成就取得的同时,由于缺乏统筹兼顾和持续发展,伴随着这些物质文明的副产品,便是人类也使自己面临空前的危机,人口膨胀、资源耗竭、环境恶化、粮食短缺等问题,对人类的生存和发展构成了严重威胁。危机令人反思,促人惊醒,人类逐渐开始认识到,没有良好的环境支撑,经济的快速发展是不可能持久的,也是与我们的根本宗旨相违背的。为摆脱这场危机,人类进行了一场广泛而深刻的变革,它向人们的生产方式、生活方式和思维方式发起冲击,向一切传统观念、传统模式发起了挑战,这些变革和冲击表现在下述几个方面。

1) 在发展模式上,世界各国已逐步认识到,以片面追求国民生产总值为主要目标的传统发展模式,已带来了一系列不可克服的社会弊端,环境污染和资源破坏就是最突出的表现。相反,可持续发展战略已为世界各国普遍接受。这种战略主张,在发展经济的同时,必须推动社会进步,特别是保护好环境和资源,为后代人的生存和发展奠定一个良好的物质基础。强调经济社会与环境资源协调发展,反对以牺牲环境为代价来换得今天的、局部的发展去损害明天的、整体的发展。

2) 在国际贸易上, 保护环境越来越成为一个重要准则。凡不符合环境标准的物品, 比如说珍稀野生动植物、有害物质含量过高的农副产品和各类饮料、食品以及有碍环境或污染环境的工业产品, 都不准在国际市场上进行交易。有的国家不仅规定严格禁止进口这类产品, 而且还主张对出售这类产品的国家实行贸易制裁。

3) 在经济援助上, 保护环境也成为一个重要的前题条件。许多经济援助组织和国家提出, 凡是不利于环境保护的项目不赠款、不贷款; 凡是保护环境或改善环境的项目给以优惠。这条原则现已为世界银行等许多国家的金融机构所推行。

4) 在工业发展上, 现代工业界已逐步认识到, 工业生产对环境的损害, 不利于市场竞争, 已成为企业发展的一个制约因素。因此, 工业界正在积极推行清洁生产, 降低物耗能耗, 减少污染物排放。

5) 在科学技术上, 环境保护正在推动一场新的技术革命。节能技术、新能源开发技术、无害或低害工业新技术、有害废物处理技术、资源综合利用技术、资源替代技术等都受到了科技界和工业界前所未有的重视, 并投入了大量的人力、物力进行开发研究。

6) 在生活方式上, 人们也逐步把保护环境作为自己的生活准则。节约能源和水源, 将生活垃圾分类包装, 在公共场合不吸烟, 生活消费品尽量选用可回收利用的新产品, 或者对环境无害的产品。这种消费倾向必然引导企业生产、经营朝着有利于环境保护的方向发展。

7) 在制度方面, 各国正在通过制定越来越严格的环境保护法律和有利于环境保护的经济政策, 来引导和约束企业界、消费者和整个社会减少污染物排放, 保护和改善环境, 提高人类生存环境的质量。同时, 国际性环境公约也在不断出台, 并以

一般性的要求,进入到制定一些具体的量化指标。

8) 在人们的价值观念上,人们对人与自然、这一代与下一代人的关系的理解也正在发生变化。

在人与自然的关系上,过去人们信仰这样一种哲学:人是自然的主人和所有者,人可以通过自己掌握的知识技能去征服、支配自然。现在,人们认识到人类仅仅是自然链条上的一个环节,这根链条不论在哪个环节上断裂,整个生态都会濒临崩溃。因此,人们必须学会尊重自然,不再把它看作无止境盘剥的对象,而应看作是我们生存的根基,人类必须与自然重新结盟,和谐相处。

1.2 发展与环境保护可以相互协调

1) 环境恶化不是经济发展的必然结果。把今天与历史时期进行对比,可以肯定地认为,兼顾经济与环境是可能的。工业化国家环境质量明显改善的事实证明了这一点。在相似的自然条件下,是人们的行为决定了环境的发展方向和经济的增长趋势。如果人类能精心地利用自然赐予的一切,像保护自己的身体一样去爱护生存环境,则经济的发展不会招致环境的恶化。

2) 发展经济与保护环境可以相互协调。人类保护环境和发展经济的事业永无止境,将二者协调起来是人类面临的一大难题。过去的经验证明,实现经济发展与环境保护相协调虽然困难,却并非不可能。世界各国对水污染、煤烟污染治理所取得的成效就证明了这一点。而取得这种成效一般不需要对企业的规模、产品等进行限制,只要对其排污进行严格控制就能见效。并且此种做法往往能促进利用率的提高,因此环境投资可以有正效益,只要指标合理。例如,运用污水处理技术有时可以回收贵金属,甚至于一年就可以收回设备投资;利用生物技术可以大幅度提高单产,而不加重土地的负荷。除去大气中最后几

个有害粒子所需的费用极其昂贵，但若是合理地对污染进行控制，使环境质量保持在一个适当的水平上，则不会妨碍经济的发展。

3) 实现经济与环境相互协调的途径。协调经济与环境的最直接的手段是技术：大气质量的彻底改善有待于燃烧技术、回收技术和其他化工技术的突破。发达国家能耗系数的逐年下降证明了这一点。同样，水体质量、土壤质量的彻底改善也有待于技术的发展。环境恶化不是技术进步的必然回报，而是高消耗低产出及从事生产所应用科学技术不发达的必然结果。政策是协调环境与经济的有效手段。单靠技术解决不了问题，还需要正确的政策。技术是中性的东西，它应用得好便可以用来造福，不以可持续发展为目标来应用技术则有可能造成其他方面的危害。在任何技术条件下，政策对经济和环境都有重大作用。在技术没有取得突破时，采用适当的政策对产业进行合理的调整和规范，会推动经济的发展，政策能减轻石油危机的消极影响，好的人口政策也会使人口在最短的时间内向适宜的人口过渡。市场在环境上具有外部不经济性，因此单靠市场机制无法解决环境问题，尤其是在环保资金的落实上，政策是决不可以缺少的。事实上，许多发展中国家的环境恶化与政府政策有直接关系。

4) 国际合作与监督作用。由于环境问题的国际化，世界经济的一体化，解决环境与发展问题就需要国际合作。事实上，像太气污染、海洋污染、臭氧层破坏、气候异常、温室效应这类全球性问题，离开了国际合作几乎是不可能得到解决的。例如，前苏联的核事故会使邻国受害，北方的工业污染会使南方受酸雨之苦。对世界经济而言，南北合作尤其重要，南北差距的拉大对世界经济和环境都有不利影响。目前，占世界人口 3/4 的发展中国家，其总收入只占全球收入的 15%，发达国家居民

的人均收入是发展中国家的 23 倍,是最不发达国家的 47 倍。1990 年,发展中国家的外债突破 1.33 万亿美元,许多国家都背上了沉重的债务包袱,使经济发展严重受阻。由于经济发展的不平衡性,导致了在全球环境问题上的矛盾:在发展与环境的关系上,发展中国家坚持发展优先,而发达国家则要求发展中国家以环境政策指导经济发展;在资金上,据估计,每年用于保护地球和援助发展中国家的资金至少需要 1250 亿美元,但发达国家除了提供 550 亿美元的政府开发援助外,其余则不愿承担;在环保技术方面,发达国家占有明显优势,然而他们却不愿把技术传授给发展中国家;在环境责任上,发展中国家认为发达国家排放有害气体占全球的 65%,消耗世界 80% 的原料,对全球环境负有主要责任,因此有义务和责任为解决全球环境问题提供资金和技术,但发达国家则表示反对。

所以,对于全球环境与发展,国际合作是十分必要的。正因如此,1992 年,在巴西的里约热内卢举行了环境与发展大会。会议通过《里约宣言》、《21 世纪议程》两个纲领性文件以及关于森林问题的原则声明,签署了关于气候变化和生物多样性两个公约,明确了责任,开辟了资金渠道。会议认为,发达国家对全球环境应负主要责任,承担部分资金,发展中国家也负有一定责任,发展中国家所需的 6000 亿美元环境与发展资金,发达国家出 1250 亿,其余由发展中国家自己解决。

1.3 环保产业的发展

环保产业作为一个新的经济生长点,无论在全中国还是在其他国家,都是一个日益受到关注的事实。世界经合组织(OECD)的研究表明,它已与生物技术、通讯技术并列为当代最被看好的三大技术领域。在发达国家中,它的产值位于制药业与信息产业之间(但高于其中的计算机产业)。

环保产业在 OECD 的英语文献中, 它表示为“ENVIRONMENT INDUSTRY”或“ENVIRONMENTAL INDUSTRY”(直译为“环境产业”), 是“ENVIRONMENTAL GOODS AND SERVICES INDUSTRY”(直译为“环境物品与服务产业”)的简称。OECD 文件也曾使用过“ECO-INDUSTRY”(生态产业)这一名称, 个别的学术论文中也有使用“ENVIRONMENTAL PROTECTION INDUSTRY”(环境保护产业)的。在日本, 它至今仍被称为“生态产业”, 并英译为“ECO-BUSINESS”。

(1) 环保产业定义 国际环保产业界共知, 环保产业的产业边界与产业内容有着相当的模糊性。环保产业在产业构成的方式上与旅游业有相似之处。旅游业不仅包括游览观光, 还包括交通、住宿、饮食、购物等多项活动, 从而显示了旅游业与其他经济门类之间的渗透性。环保产业的这种渗透性更广、更深。第一, 许多环保产品与服务往往是由其他经济门类生产与提供的; 第二, 许多环保产品, 尤其是“洁净技术”(CLEAN TECHNOLOGY)和“洁净产品”(CLEAN PRODUCT), 具有着复合功能, 即一方面它们保持了所替代的旧技术与旧产品的使用功能, 另一方面它们又增添了旧技术与旧产品所不具备的环境安全功能。环保产业的边界和内容的模糊性, 主要来源于第二方面的原因。这使定义环保产业较为困难。

OECD 对环保产业流行着两种定义。一种是“狭”定义, 即: 环保产业是为污染控制与减少污染物的排放, 对污染进行清理及对废弃物进行处理等方面提供设备与服务的企业; 一种是“宽”定义, 即: 环保产业既包括能够在测量、防止、限制及克服环境破坏方面生产与提供有关产品与服务的企业, 也包括能使污染和原材料消耗最小量化的洁净技术与产品。

以上“狭”定义与“宽”定义之间的区别是相当明显的。“狭”定义主要针对环境问题的“终端治理”(END-OF-PIPE)

而言；而用于终端治理的产品与服务，其使用功能与环境功能是一致的。如污水处理设施，其使用功能是消除水污染物，这同时也正是它的环境功能。因此，这类企业作为环保产业是易于确认的。环保产业的“宽”定义，是针对产品的生命全过程（LIFE CYCLE，即生产、使用以及废弃物的环境安全处置与再利用等）而言的。它不仅包括“狭”定义的内容，还包括涉及产品生产过程的洁净技术与涉及产品使用过程的洁净产品。顺便说，洁净技术与洁净产品的含义并不一致，即洁净技术并非一定是洁净产品，而生产洁净产品的技术也并非一定是洁净技术。这里更需指出的是，洁净技术与洁净产品的使用功能往往不是它们的环境功能，如无氟冰箱的环境功能是由于没有 CF-₂CS 排放而避免了对臭氧层破坏，而它的使用功能则是制冷。这样，这些技术与产品是应隶属于原先的产业还是转而隶属环保产业，通常存在争议，难予确认。在 OECD 国家中，欧洲国家（如德国、意大利、挪威、荷兰等）大体采用较“狭”的定义，日本、加拿大则采用较“宽”的定义，美国的定义居于两者之间。对环保产业的定义不一致，既不利于环保产业管理的国际标准化，也不利于环保产业数据的国际可比性，这些阻碍了世界环保产业市场的发展，影响了它在世界环境保护中理应起到的作用。

目前，国际上认为，“狭”定义的内容，可视环保产业的核心，但由于世界环境保护越来越重视对产品的生命全过程的环境行为控制，因而必须将洁净技术与洁净产品纳入环保产业之内。这样，采用“宽”定义是一个必然趋势。

1996 年由世界经合组织（OECD）的“科学、技术与工业理事会”工业部秘书处组织的最新研究提出了环保产业应当包括的内容。概括如下：

- 1) 环保设备：废水处理设备，废弃物管理与再循环设备，